

DEUTSCHLAND

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EPO4/10516

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 13 DEC 2004

WIPO

PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 50 418.4

Anmeldetag: 28. Oktober 2003

Anmelder/Inhaber: Behr GmbH & Co KG, 70469 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Strömungskanal für einen Wärmeübertrager  
und Wärmeübertrager mit derartigen  
Strömungskanälen

IPC: F 28 F 13/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. Oktober 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Kahle

BEST AVAILABLE COPY

---

BEHR GmbH & Co. KG  
5 Mauserstraße 3, 70469 Stuttgart

---

10 **Strömungskanal für einen Wärmeübertrager und Wärmeübertrager mit  
derartigen Strömungskanälen**

15 Die Erfindung betrifft einen von einem Medium in einer Strömungsrichtung durchströmmbaren Strömungskanal eines Wärmeübertragers nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen Wärmeübertrager mit Strömungskanälen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 27.

20 Strömungskanäle für Wärmeübertrager werden von einem ersten Medium, z. B. einem Abgas oder einem flüssigen Kühlmittel durchströmt und grenzen dieses erste Medium gegenüber einem zweiten Medium, auf welches die Wärme des ersten Mediums übertragen werden soll, ab. Derartige Strömungskanäle können Rohre mit rundem Querschnitt, Rechteckrohre, Flachrohre oder auch Scheibenpaare sein, bei welchen zwei Platten oder Scheiben randseitig verbunden sind. Meistens sind die Medien, die miteinander in Wärmeaustausch stehen, verschieden, z. B. strömt in den Rohren ein heißes, mit Rußpartikeln beladenes Abgas, und auf der Außenseite werden die Abgasrohre von einem flüssigen Kühlmittel umströmt, was unterschiedliche Wärmeübertragungsverhältnisse auf der Innen- und der Außenseite der Rohre zur Folge hat. Man hat daher, insbesondere für Abgasrohre vorge-

25

30

schlagen, auf deren Innenseite V-förmig und diffusorartig angeordnete Turbulenzerzeuger anzuordnen, die für eine Verwirbelung der Strömung und eine Verbesserung des Wärmeüberganges auf der Abgasseite sorgen sowie gleichzeitig eine Rußablagerung verhindern. Derartige Lösungen für Abgaswärmeübertrager gehen aus folgenden Druckschriften der Anmelderin hervor: EP-A 677 715, DE-A 195 40 683, DE-A 196 54 367 und DE-A 196 54 368. Diese bekannten Abgaswärmeübertrager weisen Rechteckrohre aus Edelstahl auf, die aus zwei miteinander verschweißten Halbschalen zusammengesetzt sind, in welche die Turbulenzerzeuger, so genannte winglets eingeformt bzw. eingeprägt und hintereinander angeordnet sind. Die winglet-Paare der beiden Halbschalen sind entweder in Längsrichtung der Rohre, d. h. in Strömungsrichtung gegeneinander versetzt (DE 196 54 367, DE 196 54 368) oder einander gegenüber liegend (DE 195 40 683) angeordnet.

In der DE-A 101 27 084 der Anmelderin wurde ein Wärmeübertrager, insbesondere ein Kühlmittel/Luftkühler mit Flachrohren und Wellrippen vorgeschlagen, bei welchen die flachen Seiten der Flachrohre eine aus Strukturelementen bestehende Struktur aufweisen. Die Strukturelemente sind länglich ausgebildet, V-förmig in Reihen quer zur Kühlmittelströmungsrichtung bzw. quer zur Längsachse der Rohre angeordnet und fungieren als Wirblerzeuger, um den Wärmeübergang auf der Kühlmittelseite zu erhöhen. Die Wirblerzeuger sind in beide sich gegenüber liegenden Rohrwände eingeprägt und ragen nach innen in die Kühlmittelströmung. Die Reihen von Wirblerzeugern auf einer Flachrohrseite sind in Strömungsrichtung versetzt gegenüber den Reihen auf der anderen Flachrohrseite. Damit ist es auch möglich, die nach innen ragende Höhe der Wirblerzeuger größer als die halbe lichte Weite des Flachrohrquerschnittes zu bemessen.

Durch die EP-A 1 061 319 wurde ein Flachrohr für einen Kraftfahrzeugkühler bekannt, welches auf seinen flachen Seiten eine Struktur aufweist, die aus einzelnen länglichen, in Reihen angeordneten Strukturelementen besteht.

Dabei sind in Strömungsrichtung Reihen mit unterschiedlich ausgerichteten Strukturelementen angeordnet, sodass die Strömung im Inneren des Flachrohres etwa zick-zack-förmig umgelenkt wird. Insbesondere sind jedoch die Reihen mit Strukturelementen auf einer Flachrohrseite in Strömungsrichtung 5 versetzt gegenüber den Reihen der gegenüberliegenden Flachrohrseite angeordnet. Einer Reihe von Strukturelementen liegt also jeweils ein glatter Bereich der Flachrohrinnenwand gegenüber. Die Strömung innerhalb des Kühlmittelrohres wird somit abwechselnd von den Strukturelementen der einen und der anderen Flachrohrseite, nicht jedoch gleichzeitig beeinflusst. 10 Damit soll unter anderem eine Verstopfung der Rohre vermieden werden. Hinsichtlich der Wärmeübertragungsfähigkeit ergeben sich hier noch Potenziale.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Strömungskanal sowie 15 einen Wärmeübertrager der eingangs genannten Art hinsichtlich seiner Wärmeübertragungsfähigkeit zu verbessern, insbesondere Turbulenz- und Wirbelbildung zu erhöhen, wobei der Druckverlust in einem noch vertretbaren Maß ansteigen soll.

20 Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patenanspruches 1 gelöst. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass sich die Reihen mit Strukturelementen auf der einen und der anderen Seite des Strömungskanals gegenüber liegen, also in Strömungsrichtung gesehen, jeweils etwa auf gleicher Höhe angeordnet sind. Die sich gegenüberliegenden Reihen können auch in Strömungsrichtung gegeneinander versetzt sein, allerdings nur soweit, dass 25 noch eine Überlappung besteht. Damit greifen gleichzeitig von der einen und der anderen Wärmeübertragerfläche abragende, in den Strömungskanal hineinragende Strukturelemente in die Strömung ein und bewirken eine Verwirbelung der Strömung, die eine Verbesserung der Wärmeübertragung auf der Innenseite des Strömungskanals zur Folge hat. Darüber hinaus wird – im 30 Falle einer Abgasströmung – eine Rußablagerung verhindert. Der Druckver-

lust hält sich dabei in vertretbaren Grenzen. Die Strömung innerhalb des Strömungskanals wird somit von beiden Seiten gleichzeitig gestört, d. h. beide Grenzschichten werden gleichzeitig abgelöst, was zu einer besonders starken Verwirbelung führt. Die sich gegenüberliegenden Reihen aus Strukturelementen können sich ebenfalls auf der Außenseite des Strömungskanals – im Falle eines Abgaskühlers auf der Kühlmittelseite – befinden. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

10 Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sehen verschiedene Ausführungsformen der Strukturelemente vor, wobei diese geradlinig oder gekrümmt ausgebildet sein können, d. h. mit einem konstanten oder variablen Abströmwinkel zur Strömungsrichtung. Durch die Änderung des Abströmwinkels von einem relativ großen Anströmwinkel bis zum Abströmwinkel ergibt sich eine „sanfte“ Umlenkung der Strömung und damit ein etwas reduzierter Druckverlust. Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung können die Strukturelemente innerhalb einer Reihe versetzt angeordnet sein, d. h. die Strukturelemente sind zwar in einer quer zur Strömungsrichtung verlaufenden Reihe angeordnet; jedoch in Strömungsrichtung gestaffelt angeordnet. Auch dadurch ergibt sich der Vorteil eines geringeren Druckverlustes. Darüber hinaus können sich gegenüberliegende Reihen, also der einen oder anderen Flachrohrseite, in Strömungsrichtung gegeneinander versetzt angeordnet sein, wobei jedoch immer eine Überlappung zwischen beiden Reihen erhalten bleibt. Auch durch diese Versetzung in Strömungsrichtung ergibt sich ein geringerer Druckverlust. Berühren sich die gegenüberliegenden Strukturen und werden diese durch Schweißen oder Löten verbunden, so kann die Festigkeit gesteigert werden. Nach einer weiteren Variante sind die Strukturelemente nicht in gleichmäßigen Abständen in einer Reihe angeordnet, vielmehr weisen diese Reihen Lücken auf, denen jeweils auf der gegenüberliegenden Seite Strukturelemente gegenüber lie-

gen und diese Lücken somit – in der Draufsicht – „ausfüllen“. Auch dadurch wird der Vorteil eines geringeren Druckverlustes erreicht.

Zwischen oder innerhalb der „Strukturreihen“ (Reihen mit Strukturelementen) können (in Strömungsrichtung P gesehen) auch Noppen und/oder Stege nach außen oder innen ausgeprägt werden, um eine „Abstützung“ und damit eine Festigkeitssteigerung zu erreichen. Die Wirbel erzeugenden Strukturen können diese Funktion ebenfalls ganz oder teilweise übernehmen.

Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst durch die Merkmale des Patentanspruches 27. Dabei sind erfindungsgemäß die vorgenannten Strömungskanäle als Flach- oder Rechteckrohre eines Wärmeübertragers, vorteilhafterweise eines Abgaswärmeübertragers vorgesehen. Die erfindungsgemäß Anordnung der Strukturelemente, d. h. vorteilhafterweise ihre Einprägung in die Rohrinnenwände bringt eine Leistungssteigerung des Wärmeübertragers mit sich. Besonders vorteilhaft sind die in Reihen bei Flachrohren angeordneten Strukturelemente für Abgaswärmeübertrager, weil hierbei auch eine Rußablagerung im Inneren der Flachrohre vermieden wird. Die Abgasrohre werden auf ihrer Außenseite von einem Kühlmittel umströmt, welches dem Kühlmittelkreislauf der die Abgase ausstoßende Brennkraftmaschine entnommen wird. Es ist ebenfalls möglich, dass die Strukturen auch in Platten oder Scheiben eingeprägt werden, um aus ihnen Wärmetauscher herzustellen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 einen Strömungskanal gemäß Stand der Technik,  
Fig. 2 einen Querschnitt eines Strömungskanals gemäß Stand der  
Technik,  
Fig. 3 ein Flachrohr mit erfindungsgemäßer Struktur,

Fig. 4 eine Halbschale des Flachrohres gemäß Fig. 3,  
Fig. 5a, b, c, d verschiedene Strukturelemente,  
Fig. 6a, b, c, d,  
e, f, g erfindungsgemäße Strukturen auf Strömungskanälen,  
5 Fig. 7a, b weitere erfindungsgemäße Strukturen,  
Fig. 8 eine weitere erfindungsgemäße Struktur,  
Fig. 9a, b, c, d gespiegelte Strukturelemente,  
Fig. 10a, b, c, d parallel verschobene Strukturelemente,  
Fig. 11a, b, c, d Reihen von Strukturelementen mit Abwandlungen und  
10 Fig. 12a, b weitere Strukturelemente.

Fig. 1 zeigt in vereinfachter Darstellung einen Strömungskanal 1, welcher als Rechteckrohr ausgebildet ist, einen rechteckförmigen Eintrittsquerschnitt 2, zwei sich gegenüberliegende flache Seiten F1, F2 sowie zwei sich gegenüberliegende Schmalseiten S1, S2 aufweist. Der Kanal 1 wird von einem Strömungsmedium, z. B. einem Abgas in Richtung des Pfeils P durchströmt.  
15 Auf der unteren Flachseite F2 sind V-förmig ausgerichtete Wirbelerzeuger 3a, 3b, 4a, 4b angeordnet, welche durch Erzeugung von Wirbeln eine erhöhte Turbulenz der Strömung bewirken und gleichzeitig – bei einer Abgasströmung – eine Rußablagerung verhindern. Diese Darstellung entspricht dem eingangs genannten Stand der Technik. Danach werden die jeweils paarweise angeordneten V-förmig ausgestellten, sich in Strömungsrichtung diffusorartig erweiternden Wirbelerzeuger 3a, 3b bzw. 4a, 4b auch als so genannte winglets bezeichnet.  
20

25 Fig. 2 zeigt den Querschnitt des als Flachrohr ausgebildeten Strömungskanals 1, bei welchem sowohl an der oberen Flachseite F1 als auch an der unter Flachseite F2 winglet-Paare 5a, 5b sowie 6a, 6b angeordnet sind. Der Kanalquerschnitt weist eine Kanalhöhe H und eine Kanalbreite b auf. Die winglets 5a, 5b, 6a, 6b weisen eine in den Kanalquerschnitt ragende Höhe h auf. Auch diese Anordnung von winglets entspricht dem eingangs genannten

Stand der Technik. Die Bezeichnungen F1, F2 gelten auch für die nachfolgenden erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele.

Fig. 3 zeigt einen erfindungsgemäßen Strömungskanal, der als Flachrohr 7 ausgebildet ist, welches in einer Draufsicht teilweise dargestellt ist. Das Flachrohr 7 weist eine Längsachse 7a, eine Breite b auf sowie zwei Reihen 8, 9 von V-förmig angeordneten Strukturelementen bzw. winglets 10, 11, welche jeweils sowohl in die Oberseite F1 als auch in die Unterseite F2 des Flachrohrs 7 eingeprägt sind, und zwar mit dem selben Muster, sodass sich die jeweils oben liegende winglet-Reihe mit der darunter liegenden Reihe deckt. In einer Reihe sind jeweils acht winglets, gleichmäßig verteilt über die gesamte Breite b, angeordnet – es können jedoch auch sechs oder sieben winglets bei derselben Breite sein. Bei schmalen Rohren, Scheiben oder Platten kann die Zahl der winglets auch unterhalb von sechs liegen, bei breiteren Rohren oder Scheiben/Platten auch oberhalb von acht. Die beiden Reihen 8, 9 weisen zueinander einen Abstand s auf, welcher von Mitte zu Mitte gemessen ist und etwa das 2-fache bis 6-fache der Länge der winglets beträgt. Zwischen den einzelnen Reihen befindet sich also jeweils ein glatter Bereich, in den zum Beispiel Abstützstrukturen eingeprägt sind. Die Reihen von winglets erstrecken sich über die gesamte Länge des Flachrohrs 7, jeweils mit dem Abstand s, und zwar auf beiden Seiten des Flachrohrs 7.

Fig. 4 zeigt eine untere Halbschale 7b des Flachrohrs 7 in einer Ansicht in Richtung der Längsachse 7a des Flachrohrs 7. Die Halbschale 7b, weist einen Boden F2 sowie zwei seitliche Schenkel 7c, 7d auf, wobei auf dem Boden bzw. der Unterseite F2 winglets 11' angeordnet, d. h. in die Rohrwand eingeprägt sind. Die obere Halbschale ist nicht dargestellt; sie ist spiegelbildlich ausgebildet und wird mit der unteren Halbschale 7b an den seitlichen Schenkeln 7c, 7d längsverschweißt. Die winglets 11' weisen eine Höhe h auf, mit welcher sie in den lichten Querschnittsbereich des Flachrohrs 7

hineinragen. Das Rohr kann auch aus einem Blech hergestellt werden, das umgeformt und einseitig verschweißt wird.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel beträgt die Breite b des Flachrohres 5 40 mm oder 20 mm, die Gesamthöhe des Flachrohres etwa 4,5 mm und die Höhe h der winglets etwa 1,3 mm. Bei einer lichten Kanalhöhe von 4,0 mm verbleibt in Folge der von beiden Seiten in den Kanalquerschnitt hineinragenden winglets mit je 1,3 mm Höhe eine lichte Querschnittshöhe von 1,4 mm für eine Kernströmung. Der Abstand s der Reihen beträgt ca. 20 10 mm.

Das Flachrohr 7 wird vorzugsweise für an sich bekannte Abgaswärmeübertrager (nicht dargestellt) verwendet, d. h. es wird auf seiner Innenseite von Abgas einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeuges durchströmt und auf 15 seiner Außenseite durch Kühlmittel eines Kühlmittelkreislaufes der Brennkraftmaschine gekühlt. Dabei kann die Außenseite der Flachrohre 7 – wie durch den Stand der Technik bekannt – glatt sein und beispielsweise durch eingravierte Noppen auf Abstand mit benachbarten Röhren gehalten werden. Möglich ist jedoch auch, auf der Außenseite der Flachrohre 7 Rippen, 20 zur Verbesserung des Wärmeüberganges auf der Kühlmittelseite vorzusehen.

Die Figuren 5a, 5b, 5c und 5d zeigen einzelne Strukturelemente, die für eine 25 erfindungsgemäße Struktur auf den Strömungskanälen vorgesehen sind.

Fig. 5a zeigt ein längliches Strukturelement 13 mit einer Längsachse 13a, die mit einer Bezugslinie q einen Winkel  $\alpha$ , den Abströmwinkel bildet. Die Strömungsrichtung für alle Darstellungen 5a bis 5d ist jeweils dieselbe und durch einen Pfeil P dargestellt. Die Bezugslinie q verläuft senkrecht zur 30 Strömungsrichtung P. Das Strukturelement 13 weist eine Länge L und eine

Breite B auf. Letztere kann konstant oder variabel sein, d. h. in Richtung P zunehmend.

Fig. 5b zeigt ein längliches, jedoch abgewinkeltes Strukturelement 14 mit  
5 zwei gegeneinander geneigten Längsachsen 14a, 14b, die mit der Bezugslinie q jeweils einen Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  einschließen.  $\beta$  wird hier als Anströmwinkel und  $\alpha$  als Abströmwinkel bezeichnet. Die Strömung entsprechend dem Pfeil P wird somit in zwei Stufen umgelenkt, d. h. zunächst nur geringfügig und dann stärker. Dies ergibt einen geringeren Druckabfall – im Vergleich zu  
10 einem Strukturelement gemäß Fig. 5a bei gleichem Abströmwinkel  $\alpha$ . Die Länge des Strukturelementes 14 entlang den Längsachsen 14a, 14b ist mit L bezeichnet.

Fig. 5c zeigt ein bogenförmiges Strukturelement 15 mit einer gekrümmten  
15 Längsachse 15a, die einem Kreisbogen mit dem Radius R entspricht. Der stromaufwärts gelegene Winkel wird als Anströmwinkel  $\beta$  und der stromabwärts gelegene Winkel wird als Abströmwinkel  $\alpha$  bezeichnet. Auch hier erfolgt zunächst eine sanfte Umlenkung der Strömung um den Winkel ( $90^\circ - \beta$ )  
und danach eine stärkere Umlenkung um den Winkel ( $90^\circ - \alpha$ ). Durch diese  
20 kontinuierlich zunehmende Umlenkung der Strömung wird ebenfalls ein geringerer Druckverlust erreicht – im Vergleich zu dem Strukturelement 13 gemäß Fig. 5a. Die Länge des Strukturelementes 15 entlang der Längsachse 15a ist mit L bezeichnet.

25 Fig. 5d zeigt eine weitere Ausführungsform eines Strukturelementes 16, welches etwa Z-förmig ausgebildet ist und auch eine Z-förmig verlaufende Längsachse 16a aufweist. Die Längsachse 16a verbindet zwei Kreisbogenstücke unterschiedlicher Krümmung, jedoch mit demselben Radius  $R_1 = R_2$ . Der Anströmwinkel ist hier mit  $\beta$ , der Abströmwinkel mit  $\alpha$  bezeichnet, er entspricht einer Strömungsumlenkung von ( $90^\circ - \alpha$ ), welche im mittleren Bereich  
30 des Strukturelementes 16 erfolgt. Die An- und Abströmung dieses Struktu-

relementes erfolgt praktisch in Strömungsrichtung P. Damit ist eine besonders druckverlustarme Umlenkung der Strömung gegeben. Die Länge des Strukturelementes entlang der Längsachse 16a ist mit L bezeichnet.

5      Die Fig. 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 6f, 6g zeigen Anordnungsmuster der Strukturelemente 13 gemäß Fig. 5a, und zwar in Reihen auf einem Ausschnitt eines Strömungskanals.

10     Fig. 6a zeigt die länglichen Strukturelemente 13 jeweils in zwei Reihen 17, 18 angeordnet, welche in Strömungsrichtung P einen Abstand s aufweisen. Die durchgezogenen dargestellten Strukturelemente 13 sind in die obere Seite F1 des Strömungskanals eingeprägt. In die untere Wärmeübertragerfläche bzw. Seite F2 des Strömungskanals sind gebrochen dargestellte Strukturelemente 13', ebenfalls in Reihen 19, 20 angeordnet. Die Reihen sind durch gestrichelte Begrenzungslinien dargestellt. Die Strukturelemente 13' auf der unteren Fläche F2 sind gegenüber den Strukturelementen 13 auf der oberen Fläche F1 entgegengesetzt ausgerichtet, d. h. sie weisen einen entgegengesetzten Abströmwinkel  $\alpha$  (vgl. Fig. 5a) auf. Darüber hinaus sind die Reihen 19, 20 gegenüber den Reihen 17, 18 in Strömungsrichtung P versetzt; und zwar um den Betrag f. Die Strukturelemente 13 bzw. 13' und die zugehörigen Reihen 17, 18 19, 20 weisen jeweils eine Tiefe T auf, d. h. eine Erstreckung in Strömungsrichtung P. Der Versatz f ist kleiner als die Tiefe T, sodass zwischen den Reihen 18, 20 bzw. 17, 19 eine Überlappung  $\bar{U}$  verbleibt, die sich aus der Differenz von T und f ergibt. Eine Überlappung  $\bar{U}$  von 100 % bedeutet bei Reihen mit gleicher Tiefe T, dass der Versatz gleich Null ist ( $f = 0$ ). Bei Reihen mit unterschiedlicher Tiefe T1 beziehungsweise T2, also beispielsweise  $T1 < T2$ , bedeutet eine Überlappung von 100%, daß die Überlappung  $\bar{U}$  gleich der kleineren Tiefe T1 ist ( $\bar{U} = T1$ ). Durch einen Versatz der sich jeweils gegenüberliegenden Reihen 17, 19 bzw. 18, 20 ergibt sich vorteilhaft ein geringerer Druckverlust als bei Reihen ohne Versatz.

Fig. 6b zeigt ein anderes Muster von in Reihen angeordneten Strukturelementen 13 in einer Reihe 21 und einer Reihe 22 mit unterschiedlichen Abströmwinkeln  $\alpha$  (nicht dargestellt). Die Strukturelemente 13 in ausgezogenen Linien sind in die obere Seite F1 des Strömungskanals eingeprägt. Auf der unteren Fläche F2 des Strömungskanals sind, in Strömungsrichtung P, auf gleicher Höhe gestrichelt dargestellte Strukturelemente 13' mit entgegengesetzter Ausrichtung angeordnet, sodass ein oberes Strukturelement 13 und ein gegenüberliegendes unteres Strukturelement 13' in der Draufsicht jeweils als Kreuz erscheinen. Die obere Reihe mit Strukturelementen 13 ist somit nicht gegenüber der unteren Reihe mit Strukturelementen 13' versetzt; die Überlappung Ü beträgt 100 %.

Fig. 6c bis Fig. 6g zeigen weitere Anordnungsmuster der Strukturelemente 13, 13' auf der oberen (durchgezogen dargestellt) und der unteren (gebrochen dargestellt) Seite F1, F2 des Strömungskanals.

Die Figuren 7a und 7b zeigen weitere Varianten für die Anordnung der Strukturelemente 13 in Reihen.

Fig. 7a zeigt einen Ausschnitt eines Strömungskanals mit zwei Reihen 23, 24 von V-förmig angeordneten Strukturelementen 13 auf der Oberseite F1. Die Strukturelemente 13 sind nicht in gleich bleibenden Abständen nebeneinander angeordnet, vielmehr weisen sie Lücken 25, 26, 27 auf, welche jedoch auf der Unterseite F2 durch Strukturelemente 13' ausgefüllt sind, sodass sich in der Draufsicht eine durchgehende gleichmäßige Anordnung von Strukturelementen 13 und 13' ergibt. Diese Anordnung von „lückenhaften“ Reihen 23, 24 und der entsprechenden Reihen auf der Unterseite ergibt einen geringeren Druckabfall für die Strömung in Richtung P, weil die Strukturelemente – in Breitenrichtung gesehen – nur abwechselnd von oben und unten in die Strömung eingreifen.

Fig. 7b zeigt eine ähnliche lückenhafte Anordnung von parallel ausgerichteten Strukturelementen 13 auf der Oberseite F1 in Reihen 28, 29. Die Lücken zwischen den Strukturelementen 13 sind wiederum durch Strukturelemente 13' auf der Unterseite F2 ausgefüllt, wobei sich die Strukturelemente 13 auf der Oberseite F1 und die Strukturelemente 13' auf der Unterseite F2 zu einer zick-zack-förmigen Anordnung in der Draufsicht ergänzen. Auch diese Anordnung ist relativ druckverlustarm.

Fig. 8 zeigt eine weitere Ausführungsform für die Anordnung von Strukturelementen 13 und 13' in zwei Reihen 30, 31 auf der Oberseite F1. Die Strukturelemente 13 der Reihe 30 und die Strukturelemente 13' der gegenüberliegenden Reihe (auf der Unterseite F2) sind parallel und in gleichem Abstand zueinander angeordnet. Gleiches gilt für die zweite Reihe 31 analog, wobei lediglich der Abströmwinkel entgegengesetzt ist, sodass sich, in Strömungsrichtung P gesehen, eine Umlenkung der Strömung ergibt.

In den Figuren 6a, 6b, 7a, 7b und 8 wurden jeweils Strukturen mit den Strukturelementen 13 gemäß Fig. 5a dargestellt. Die Strukturelemente 13 können ebenso durch Strukturelemente 14 (in Fig. 5b), 15 (Fig. 5c) oder 16 (Fig. 5d) ersetzt werden. Ebenso wäre es möglich, in einer Reihe unterschiedliche Strukturelemente, z. B. 13 und 14 zu verwenden.

Fig. 9a, 9b, 9c, 9d zeigen Varianten der Strukturelemente 13, 14, 15, 16 durch Spiegelung: Es ergeben sich damit so genannte winglet-Paare 32, 33, 34, 35, wobei jeweils zwischen zwei Strukturelementen ein Mindestabstand a vorgesehen ist. Die Strömungsrichtung erfolgt in der Regel in Richtung des Pfeils P, wobei die Anströmung der winglet-Paare herkömmlicherweise an der engsten Stelle a erfolgt. Damit ergeben sich für die verschiedenen winglet-Paare 32 bis 35 in dieser Reihenfolge abnehmende Druckverluste. Diese winglet-Paare können in Reihen nebeneinander angeordnet werden, z. B. wie in den Figuren 6 bis 8.

Fig. 10a, 10b, 10c, 10d zeigen weitere Variationen der Strukturelemente 13, 14, 15, 16 durch Parallelverschiebung. Damit ergeben sich Doppellemente 36, 37, 38, 39 mit jeweils gleichen Abständen  $a$  an der An- und Abströmseite, die z. B. in die Strukturen gemäß Fig. 6 bis 8 integriert werden können.

Wichtig dabei ist, dass die Strukturelemente einer Reihe oben und/oder unten nicht zwangsläufig gleiche geometrische Form bzw. Abmessungen aufweisen, wie es beispielhaft anhand von vier Strukturelementen in Fig. 11a gezeigt wird. Vielmehr können, wie in Fig. 11b gezeigt, die Strukturelemente mit einem Versatz  $f$  in Strömungsrichtung  $P$  angeordnet sein.

In Fig. 11c variieren die Abströmwinkel der Strukturelemente 13, und in Fig. 11d variieren die Längen  $L_1$ ,  $L_2$  der Strukturelemente 13. Eine Kombination (nicht dargestellt) der Varianten gemäß Fig. 11b, 11c, 11d ist ebenfalls möglich. Auch können diese Variationen in der oberen und/oder unteren Fläche  $F_1$  bzw.  $F_2$  auftreten.

Fig. 12a zeigt ein weiteres Strukturelement 43, welches als Winkel mit zwei geraden Schenkeln 43a, 43b ausgebildet ist, welche an ihrem Scheitelpunkt durch einen Bogen 43c verbunden sind. Insofern stellt dieses Strukturelement 43 eine Abwandlung des winglet-Paares 32 gemäß Fig. 9a dar. Die Anströmung erfolgt vorzugsweise in Richtung Scheitelpunkt 43c, entsprechend dem Pfeil  $P$ .

Fig. 12b zeigt eine weitere Abwandlung des Strukturelementenpaars 34 gemäß Fig. 9c, nämlich ein Strukturelement 44 mit zwei gebogenen Schenkeln 44a, 44b, die im Scheitelpunkt durch einen Bogen 44c verbunden sind. Das Strukturelement 44, welches ebenfalls in Richtung auf den Scheitelpunkt 44c entsprechend dem Pfeil  $P$  angeströmt wird, bewirkt zunächst eine

geringe Strömungsumlenkung, die sich dann aufgrund der in die Strömung hineingekrümmten Schenkel 44a, 44b verstärkt.

Die Elemente gemäß Fig. 12a und Fig. 12b lassen sich in allen zuvor gezeigten Anordnungen, wo sich zwei in V-Form angeordnete Strukturen wieder finden, einsetzen.

Grundsätzlich können alle beschriebenen Strukturen beliebig miteinander kombiniert werden.

## Patentansprüche

5

1. Von einem Medium in einer Strömungsrichtung P durchströmbarer Strömungskanal (1) eines Wärmeübertragers mit zwei parallel und im Abstand einer Kanalhöhe H angeordneten Wärmeübertragerflächen (F1, F2), welche jeweils eine aus einer Vielzahl von nebeneinander in Reihen quer zur Strömungsrichtung P angeordneten, in den Strömungskanal hineinragenden Strukturelementen gebildete Struktur aufweisen, wobei die Strukturelemente jeweils eine Breite B, eine Länge L, eine Höhe h, einen Abströmwinkel  $\alpha$  sowie eine Längsachse aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Reihen (17, 18, 19, 20) mit Strukturelementen (13, 13') auf sich gegenüberliegenden Wärmeübertragerflächen (F1, F2) eine Überlappung (Ü) miteinander aufweisen.
- 20 2. Strömungskanal nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Überlappung Ü 100 % beträgt.
- 25 3. Strömungskanal nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Strukturelement (13) länglich, insbesondere rechteckförmig ausgebildet ist und eine gerade Längsachse (13a) aufweist.
- 30 4. Strömungskanal nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Strukturelement (14) länglich und abgewinkelt ausgebildet ist und eine abgewinkelte Längsachse (14a, 14b) aufweist, die mit der Strömungsrichtung P den Abströmwinkel  $\alpha$  und einen Anströmwinkel  $\beta$  bildet.

5. Strömungskanal nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Strukturelement (15) bogenförmig ausgebildet ist und eine mit einem Radius R gekrümmte Längsachse (15a) aufweist, die mit der Strömungsrichtung P den Abströmwinkel  $\alpha$  und einen Anströmwinkel  $\beta$  bildet.

10. Strömungskanal nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Strukturelement (16) etwa Z-förmig ausgebildet ist und eine zweifach gekrümmte Längsachse (16a) mit Radien R1, R2 aufweist, die mit der Strömungsrichtung P den Abströmwinkel  $\alpha$  und einen Anströmwinkel  $\beta$  bildet.

15. Strömungskanal nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Strukturelement (43) V-förmig ausgebildet ist und gerade V-Schenkel (43a, 43b) aufweist.

20. Strömungskanal nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Strukturelement (44) V-förmig ausgebildet sind ist entgegen der Strömungsrichtung gekrümmte V-Schenkel (44a, 44b) aufweist.

25. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe h mindestens eines der Strukturelemente (13, 14, 15, 16) 20 % bis 50 % der Kanalhöhe H beträgt.

30. Strömungskanal nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge L mindestens eines Strukturelementes (13, 14, 15, 16) das 2-fache bis 12-fache der Höhe h des Strukturelementes beträgt.

11. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand s zwischen den Reihen das 0,5- bis 8-fache der Tiefe T beträgt.
- 5      12. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand s zwischen jeweils zwei Reihen in Strömungsrichtung P unterschiedlich ist.
- 10     13. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Strukturelement (13, 14, 15, 16) eine konstante Breite B im Bereich von 0,1 bis 6,0 mm aufweist, vorzugsweise im Bereich von 0,1 bis 3,0 mm.
- 15     14. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Strukturelement (13, 14, 15, 16) eine in Strömungsrichtung zunehmende Breite zwischen einer Anfangsbreite B<sub>1</sub> und einer Endbreite B<sub>2</sub> aufweist, wobei die Anfangsbreite B<sub>1</sub> im Bereich von 0,1 bis 4 mm und die Endbreite B<sub>2</sub> im Bereich von 0,1 bis 6 mm liegt.
- 20     15. Strömungskanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abströmwinkel  $\alpha$  im Bereich von 20 bis 70 Grad, vorzugsweise im Bereich von 40 bis 60 Grad liegt und insbesondere einen Wert von 50 Grad aufweist.
- 25     16. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 4 bis 6 und 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Anströmwinkel  $\beta$  jeweils größer als der Abströmwinkel  $\alpha$  ist.

17. Strömungskanal nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Radius R im Bereich von 1 bis 10 mm liegt, vorzugsweise im Bereich von 1 bis 5 mm.

5      18. Strömungskanal nach Anspruch 5 und 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Radien R1 und R2 gleich dem Radius R sind.

10     19. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine Reihe (17, 18, 19, 20) jeweils gleiche Strukturelemente (13, 13') aufweist.

15     20. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine Reihe jeweils unterschiedliche Strukturelemente aufweist.

20     21. Strömungskanal nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne Strukturelemente (13, 14, 15, 16) zueinander gespiegelt und paarweise (32, 33, 34, 35) in einem Abstand a nebeneinander angeordnet sind.

25     22. Strömungskanal nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne oder alle Strukturelemente (13, 14, 15, 16) parallel zueinander verschoben und paarweise (36, 37, 38, 39) quer zur Strömungsrichtung in einem Abstand a angeordnet sind.

30     23. Strömungskanal nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand a zwischen zwei Strukturelementen innerhalb mindestens einer Reihe unterschiedlich sein kann.

30     24. Strömungskanal nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand a im Bereich von 0 bis 8 mm liegt.

5            25. Strömungskanal nach Anspruch 19, 21, 22 oder 24, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne Strukturelemente (13) einer Reihe (40) in Strömungsrichtung P um einen Betrag f gegeneinander versetzt sind, wobei der Betrag f kleiner als die Tiefe T der Strukturelemente (13) und T die Projektion der Länge L quer zur Strömungsrichtung P ist.

10            26. Strömungskanal nach Anspruch 22 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne Strukturelemente (13) einer Reihe (41) nicht parallel angeordnet und einen abweichenden Abströmwinkel  $\alpha$  aufweisen.

15            27. Strömungskanal nach Anspruch 22, 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne Strukturelemente (13) einer Reihe (42) unterschiedliche Längen L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> aufweisen.

20            28. Strömungskanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich gegenüberliegende Reihen (17, 18, 19, 20) in Strömungsrichtung P einen Versatz f aufweisen, wobei f kleiner als die Tiefe T einer Reihe (17, 19) ist.

25            29. Strömungskanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne oder alle Strukturelemente (13, 13') von sich gegenüber liegenden Reihen (17, 18, 19, 20, 21, 22) entgegengesetzt ausgerichtet, insbesondere einen entgegengesetzten Abströmwinkel  $\alpha$  aufweisen.

30            30. Strömungskanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die sich gegenüber liegenden Reihen (23, 24) zwischen den Strukturelementen (13) Lücken (25, 26, 27) aufweisen, denen jeweils Strukturelemente (13') der anderen Reihe gegenüberliegen.

5        31. Strömungskanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Strukturelemente gegenüberliegender Reihen berühren, insbesondere durch Schweißung oder Verlötzung verbunden sind.

10      32. Strömungskanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich gegenüberliegende Reihen von Strukturelementen eine gleiche Tiefe T in Strömungsrichtung P aufweisen.

15      33. Strömungskanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich gegenüberliegende Reihen von Strukturelementen unterschiedliche Tiefen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> in Strömungsrichtung P aufweisen.

20      34. Wärmeübertrager, insbesondere Abgaskühler, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit Strömungskanälen für ein Fluid, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Strömungskanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

25      35. Wärmeübertrager nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungskanäle (1) als gelötete oder geschweißte Flach- oder Rechteckrohre (7) und die Wärmeübertragerflächen (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>) als flache Rohrwände ausgebildet sind.

30      36. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungskanäle durch Aufeinanderstapeln von Platten oder Scheiben, die Strukturelemente aufweisen, gebildet werden.

37. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturelemente (10, 11) in die Rohrwände (F1, F2) eingeformt, insbesondere eingepreßt sind.

5 38. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohre (7) von Abgas durchströmbar und von einem flüssigen Kühlmittel umströmbar sind.

10 39. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reihen (8, 9) von Strukturelementen (10, 11) in Strömungsrichtung (7a) einen Abstand s aufweisen, der das 2-fache bis 6-fache der Länge L eines Strukturelementes beträgt.

15 40. Wärmeübertrager nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen den Reihen mit Strukturelementen (Fluid eins) weitere Reihen mit Strukturelementen befinden, die nach außen in das Fluid zwei ragen.

20 41. Wärmeübertrager nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass die nach außen ausgeprägten Strukturelemente Abstützknöpfe, -stege oder -elemente sind und sich berühren oder miteinander verlötet oder verschweißt sind.

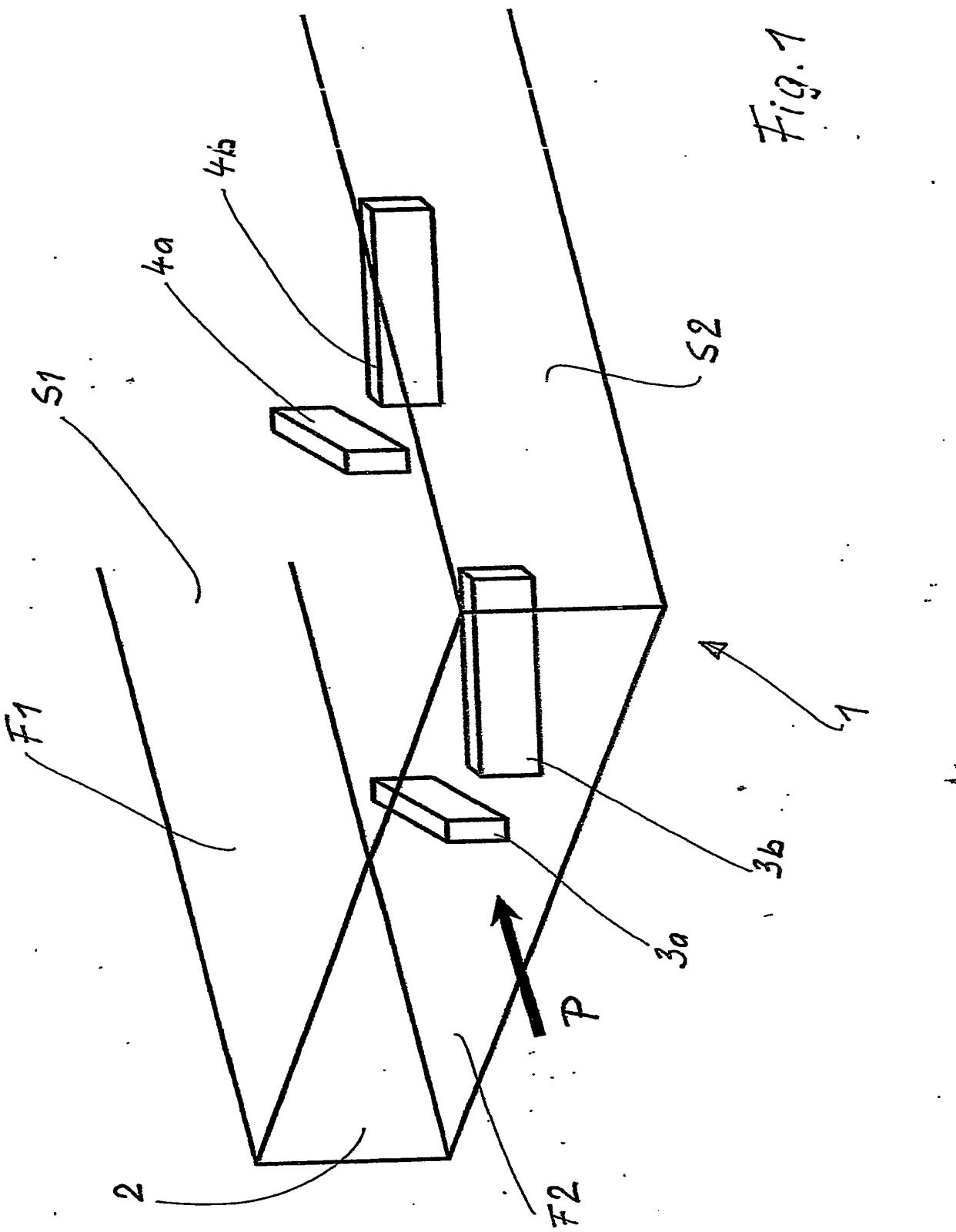
25 42. Wärmeübertrager nach Anspruch 37 oder 38, dadurch gekennzeichnet, dass die nach außen ausgeprägten Strukturelemente zur Verbesserung des Wärmeüberganges beitragen.

### Z u s a m m e n f a s s u n g

5

Die Erfindung betrifft einen Strömungskanal eines Wärmeübertragers mit zwei parallel und im Abstand einer Kanalhöhe  $H$  angeordneten Wärmeübertragerflächen ( $F_1, F_2$ ), welche jeweils eine aus einer Vielzahl von nebeneinander in Reihen quer zur Strömungsrichtung  $P$  angeordneten, in den Strömungskanal hineinragenden Strukturelementen gebildete Struktur aufweisen, wobei die Strukturelemente jeweils eine Breite  $B$ , eine Länge  $L$ , eine Höhe  $h$ , einen Abströmwinkel  $\alpha$  sowie eine Überlappung  $\tilde{U}$  und eine Längsachse aufweisen.

10  
15



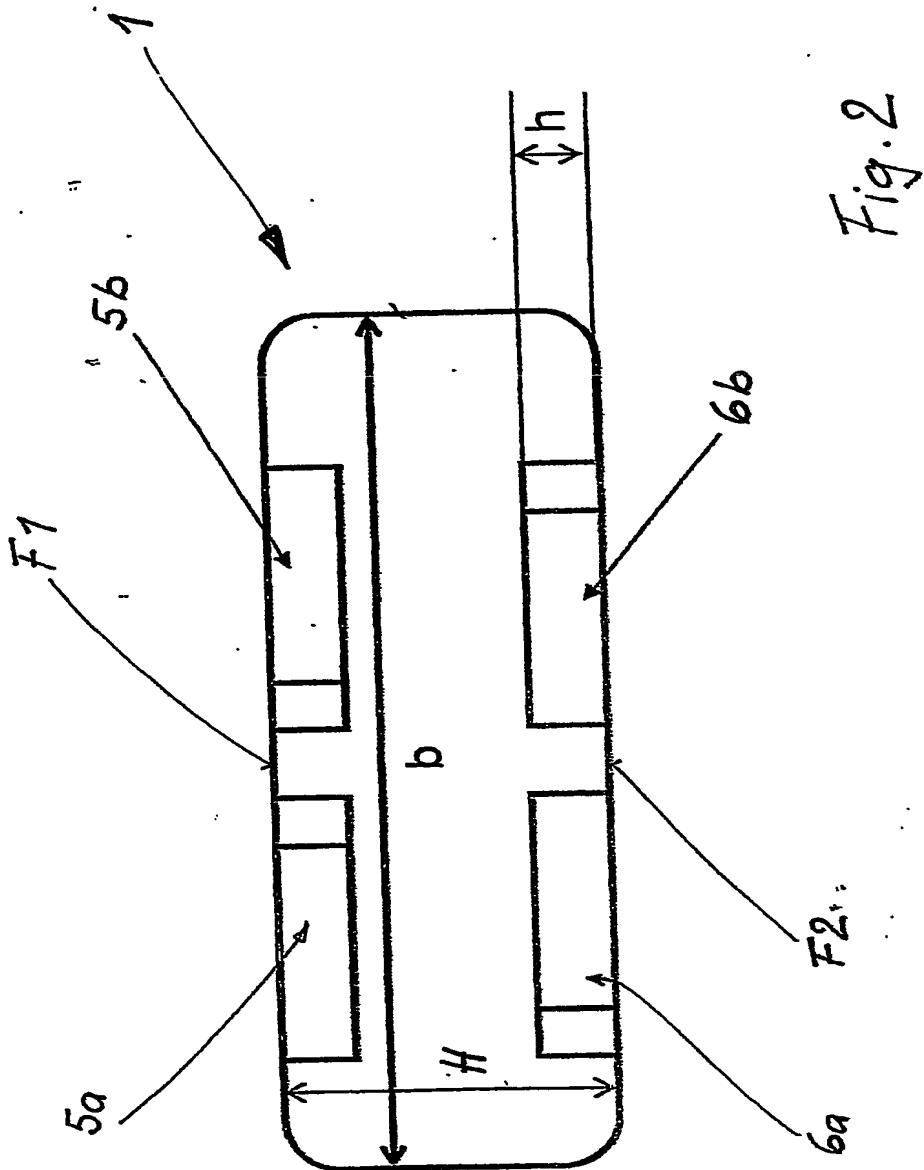


Fig. 2

3/14

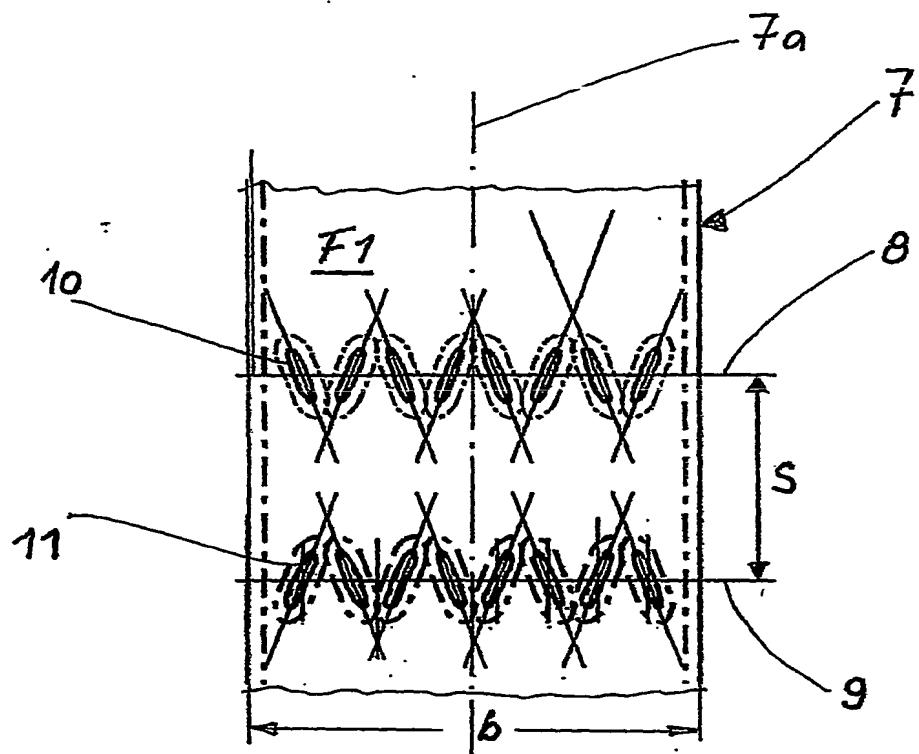


Fig. 3

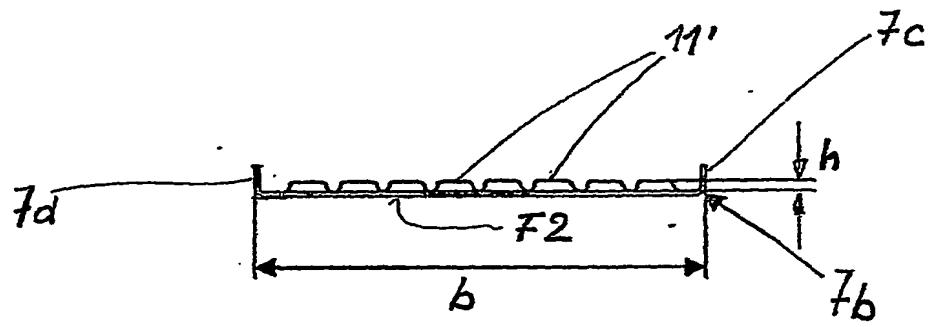


Fig. 4

Fig. 5a

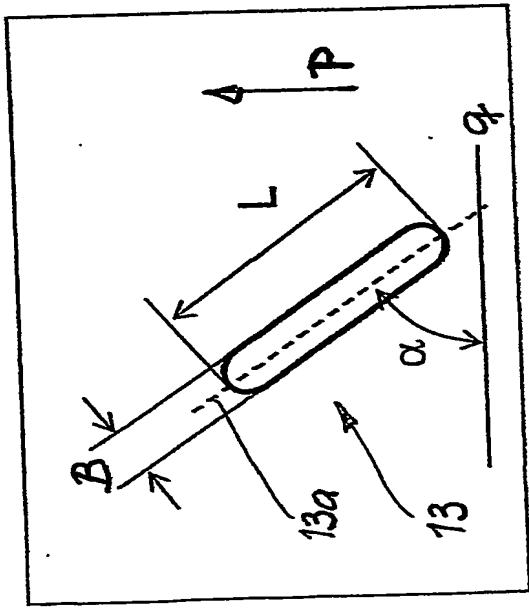


Fig. 5b

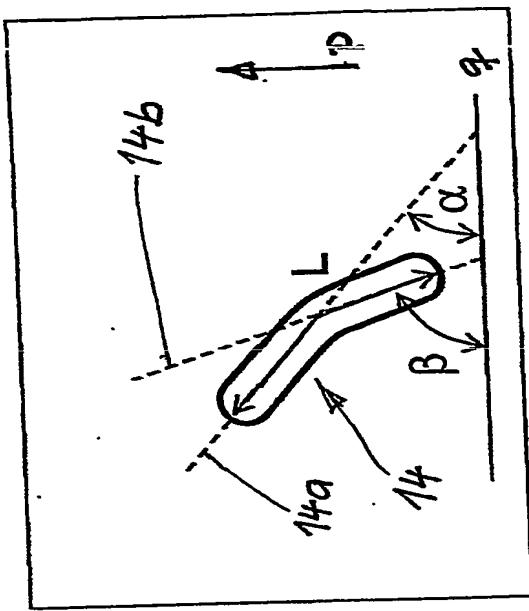


Fig. 5c

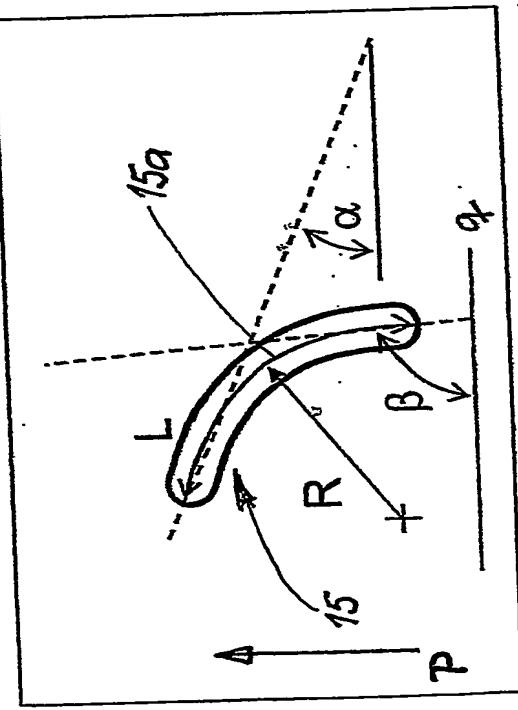


Fig. 5d

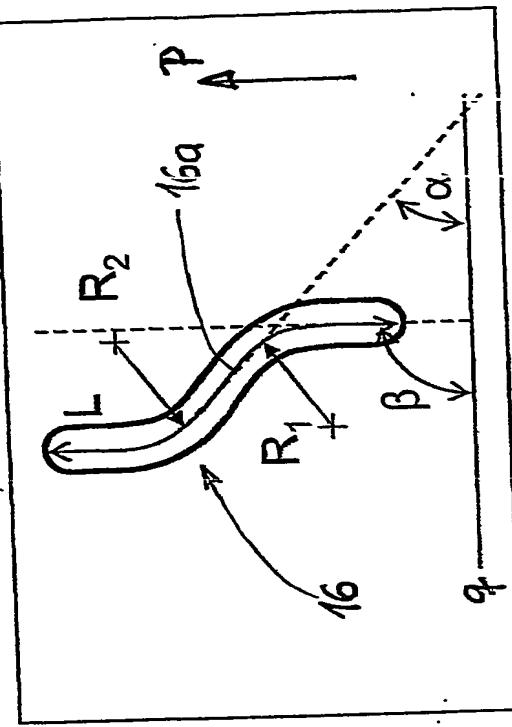


Fig. 6b

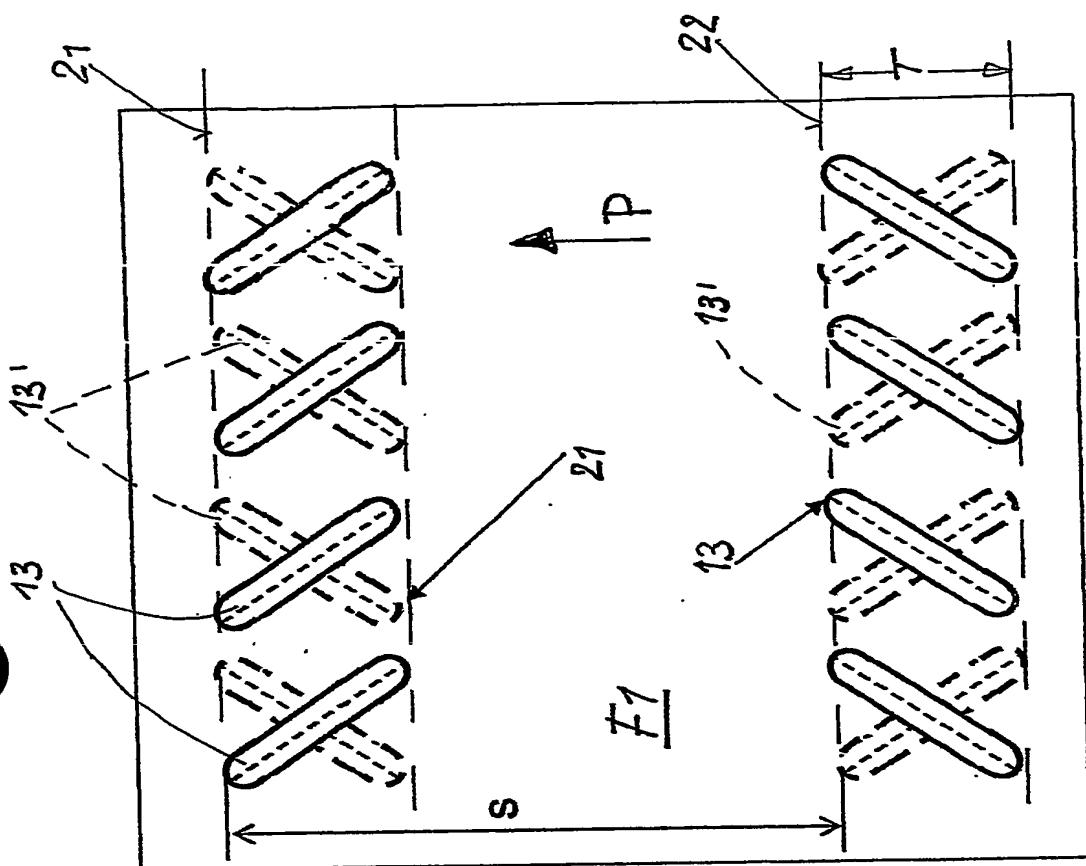
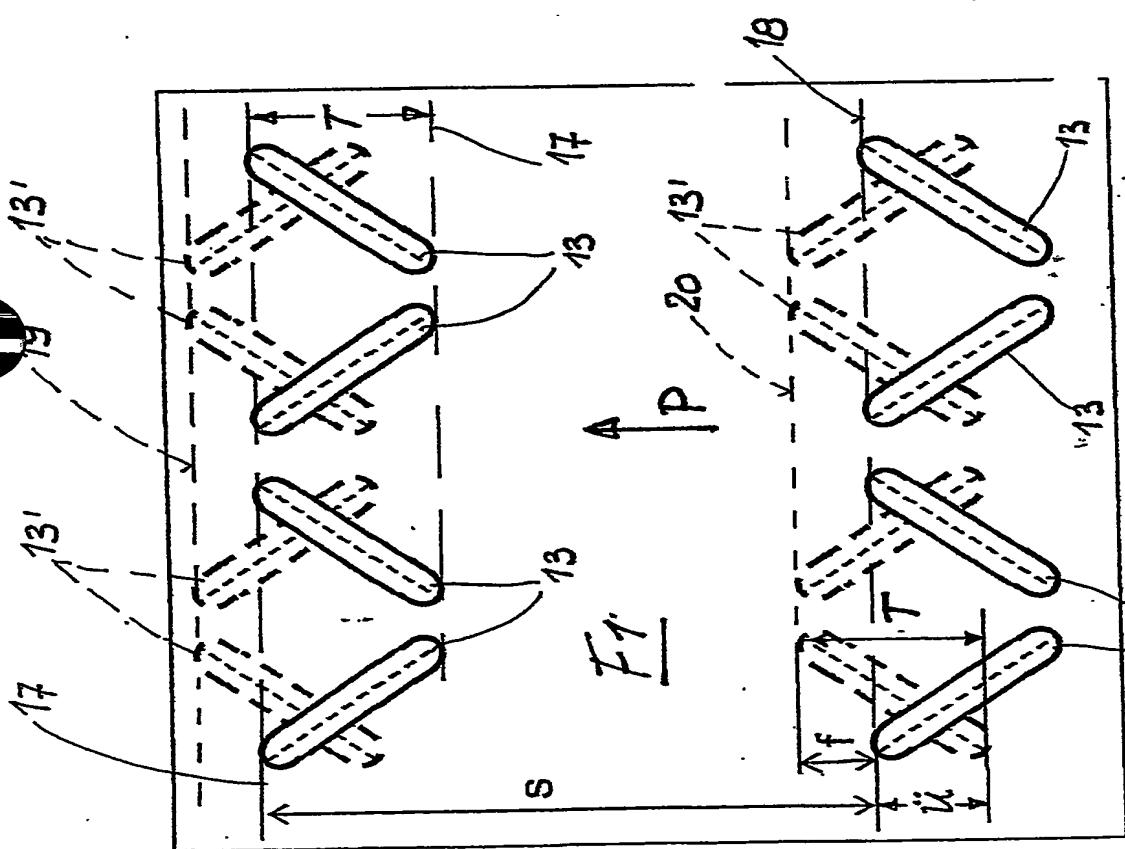


Fig. 6a



0117

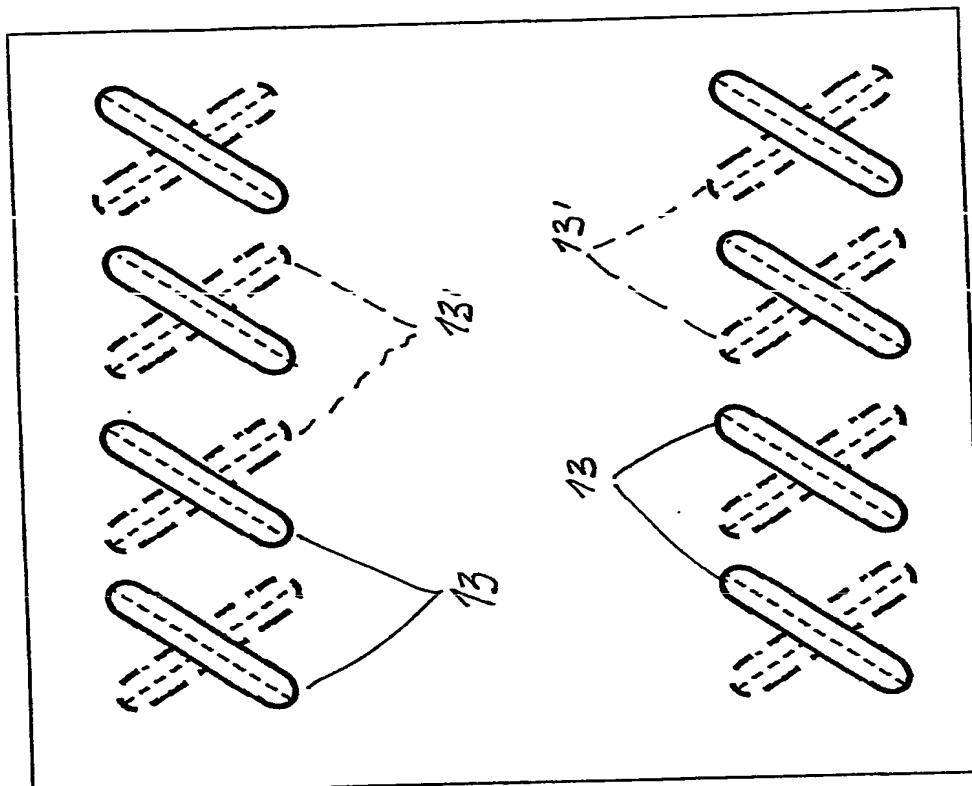


Fig. 6C

P →

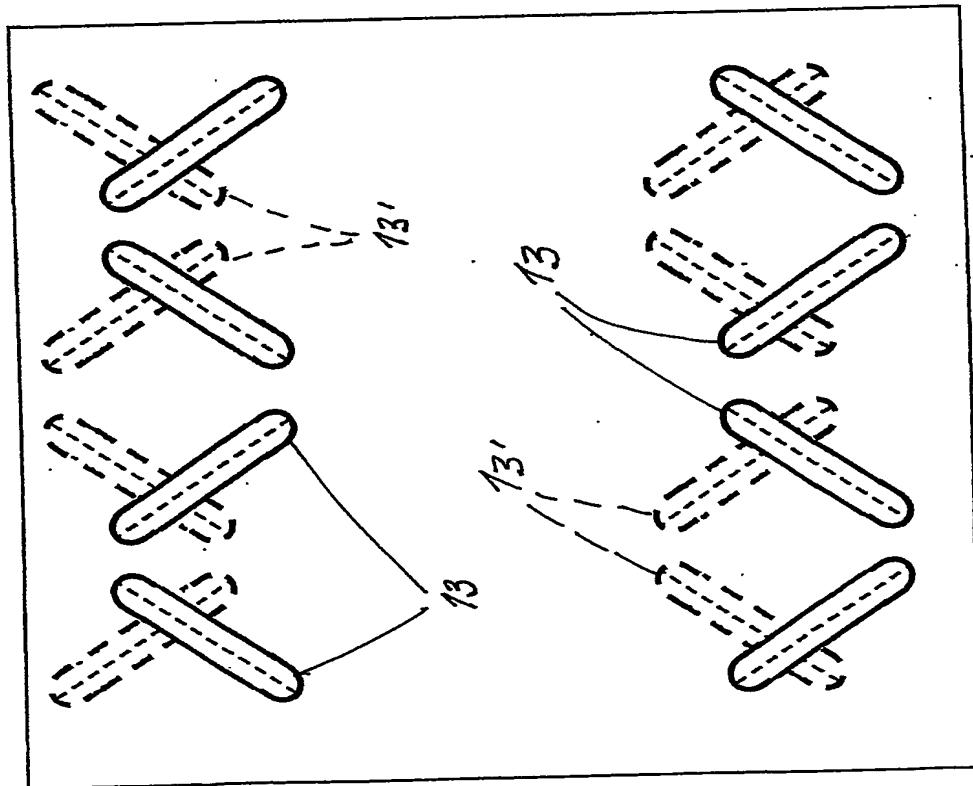


Fig. 6C

Fig. 6e

↑ P

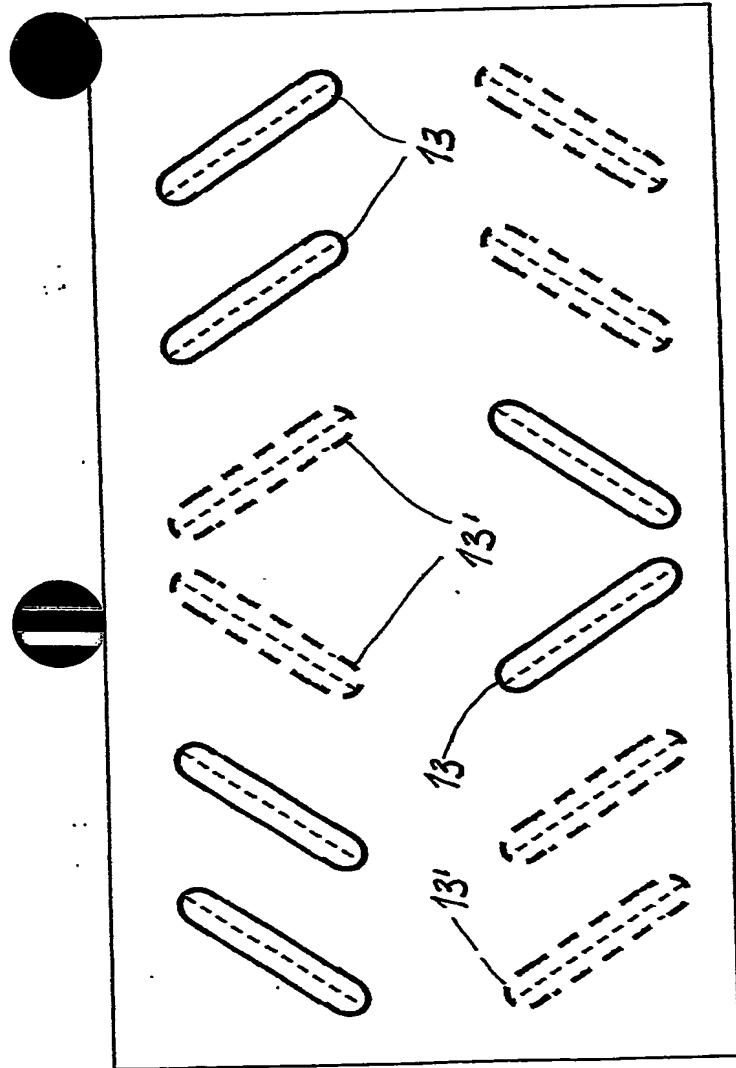
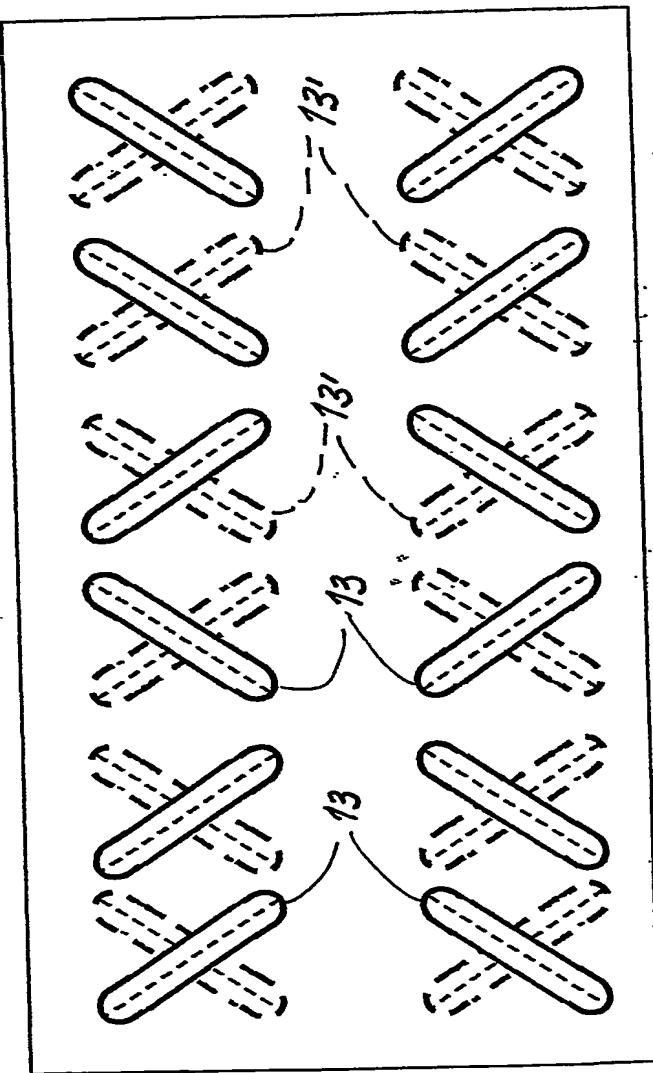


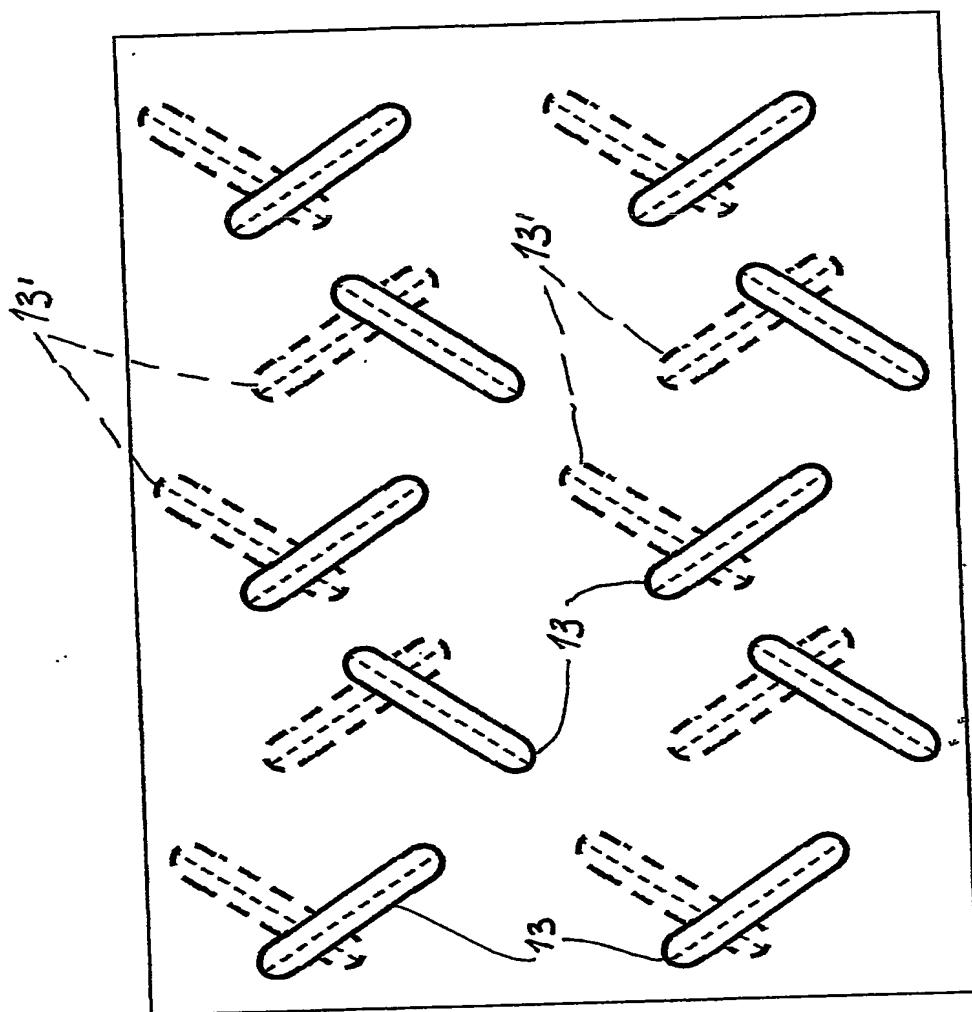
Fig. 6f

↑ P



8/14

Fig. 6g



P →

Fig. 7a

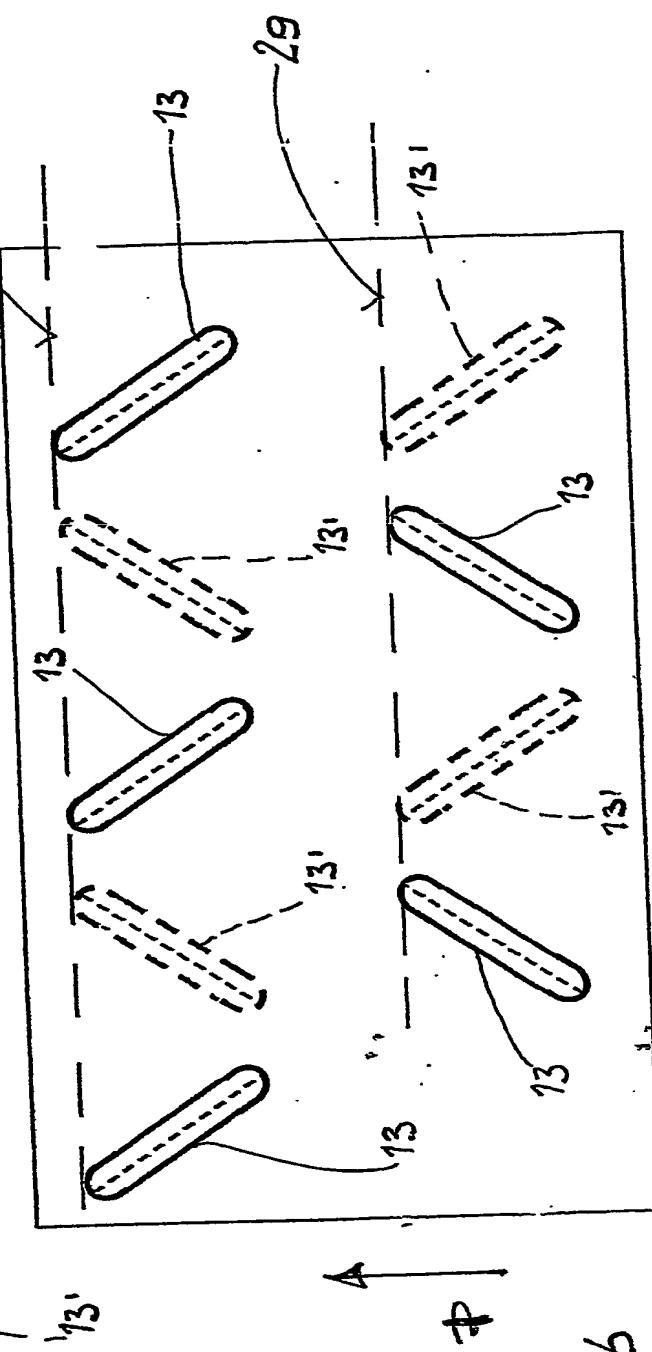
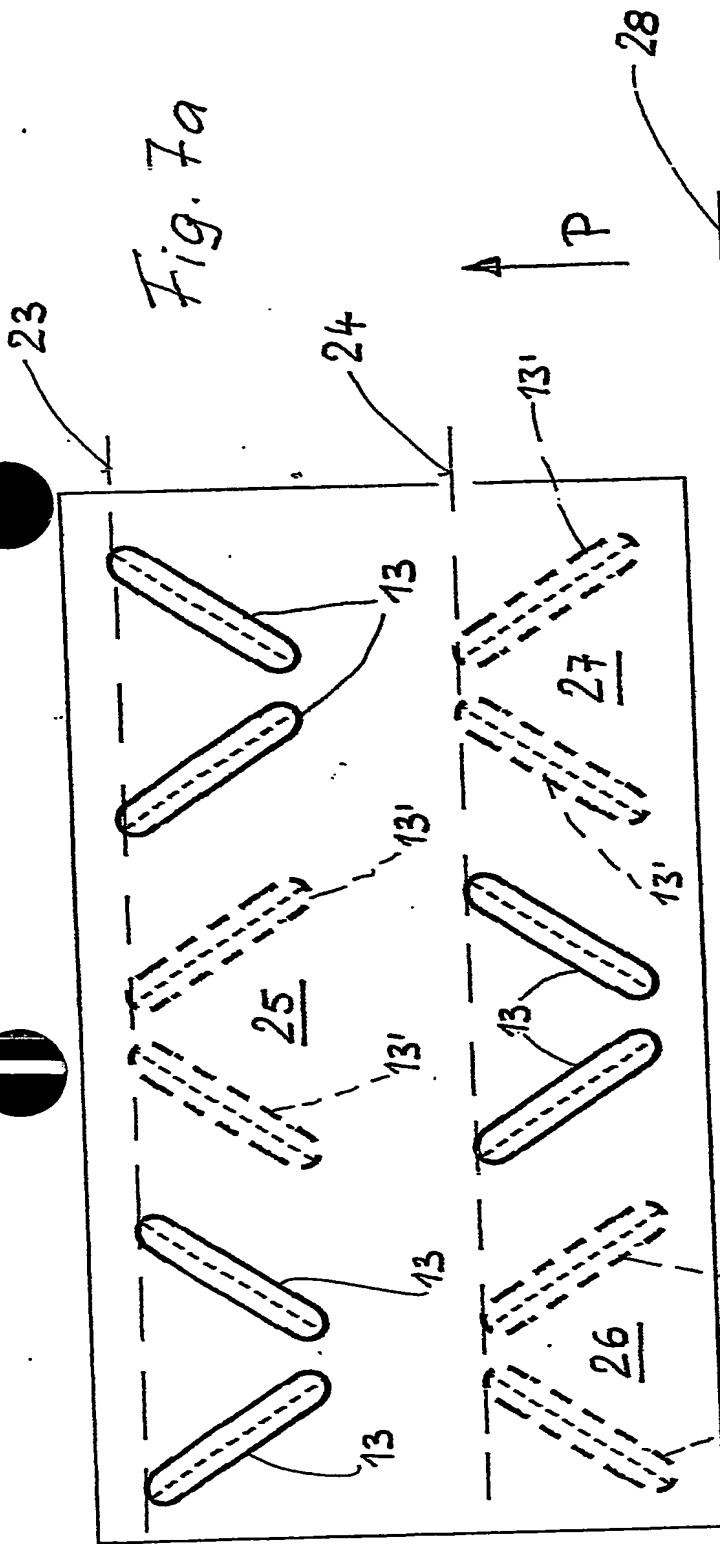


Fig. 7b

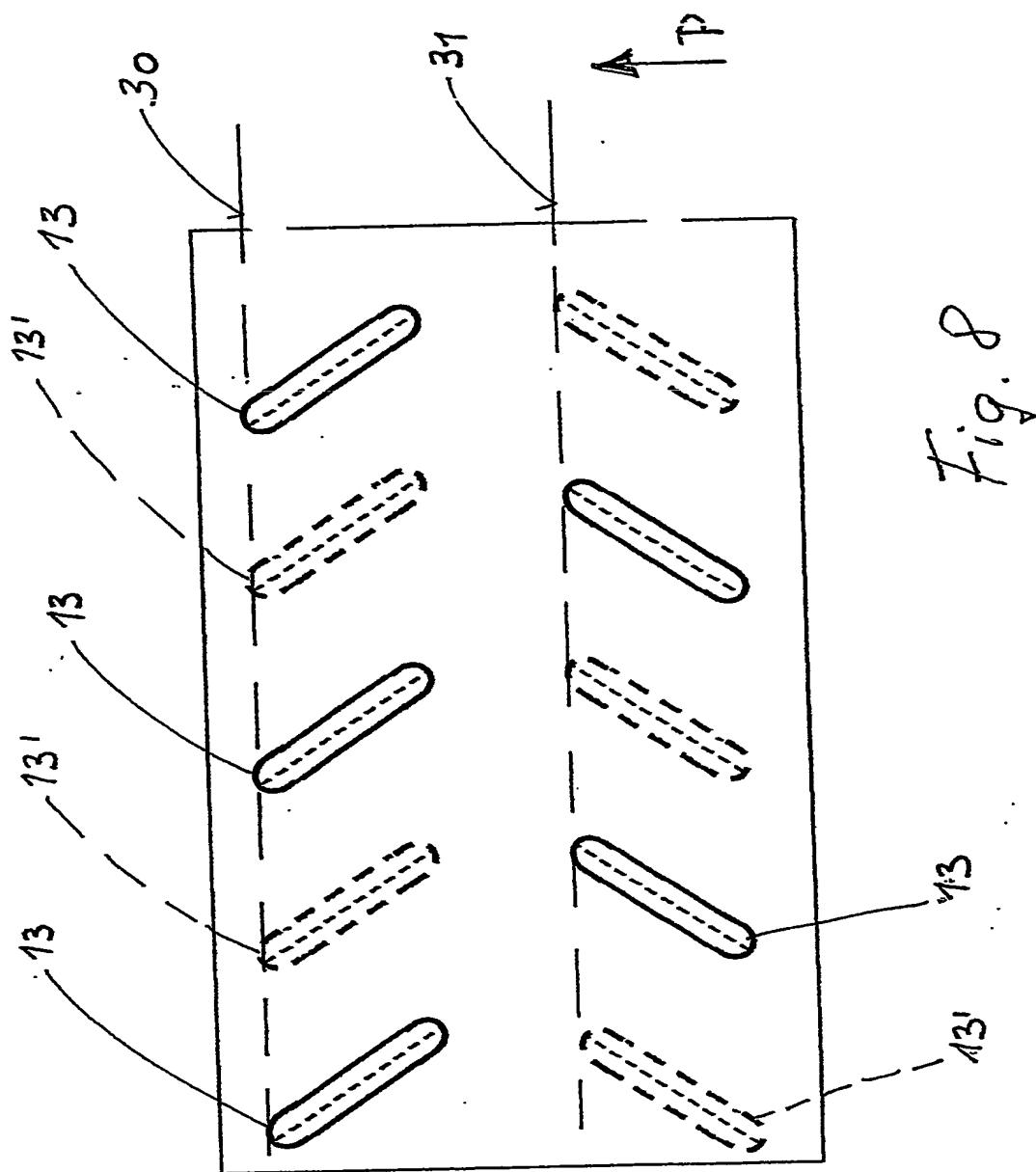


Fig. 8

Fig. 9b

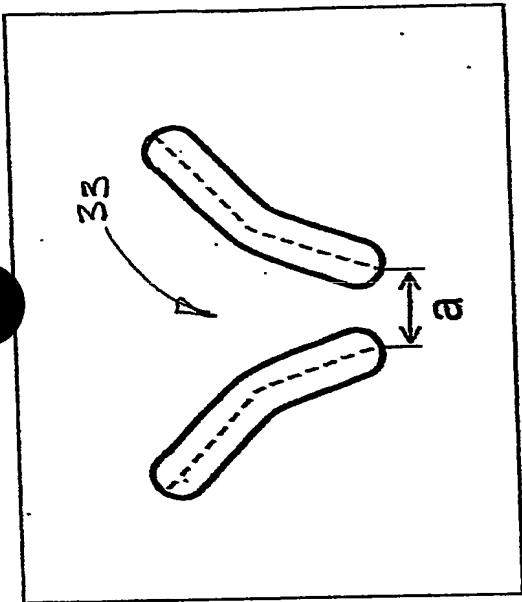


Fig. 9d

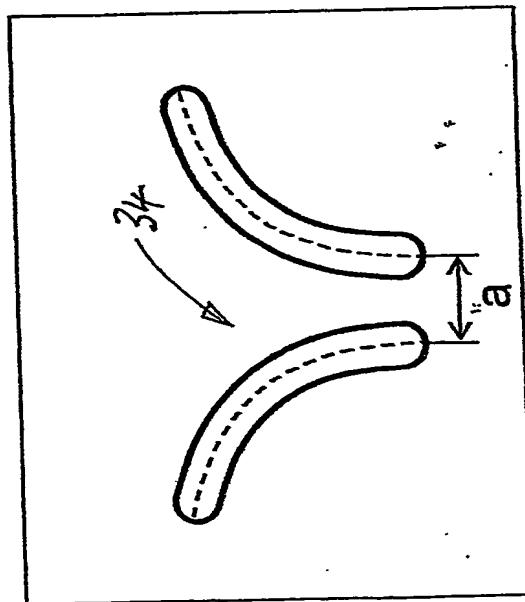
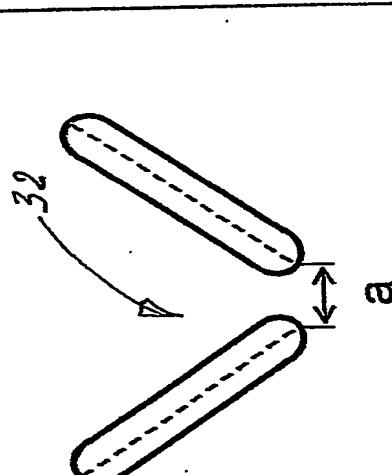
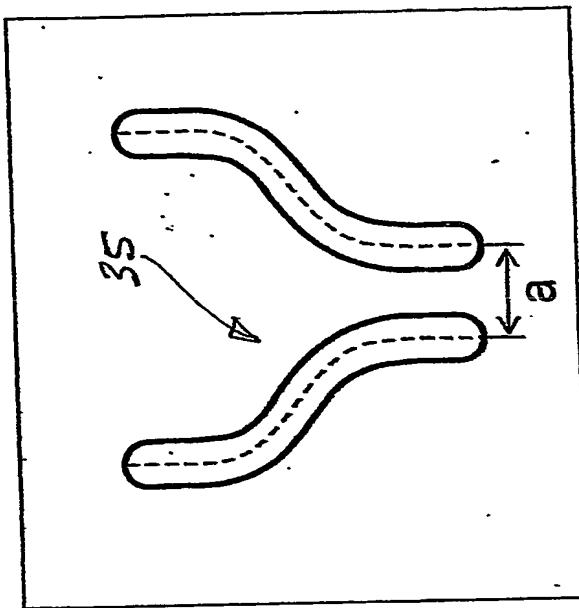


Fig. 9a

Fig. 9c

Fig. 10b

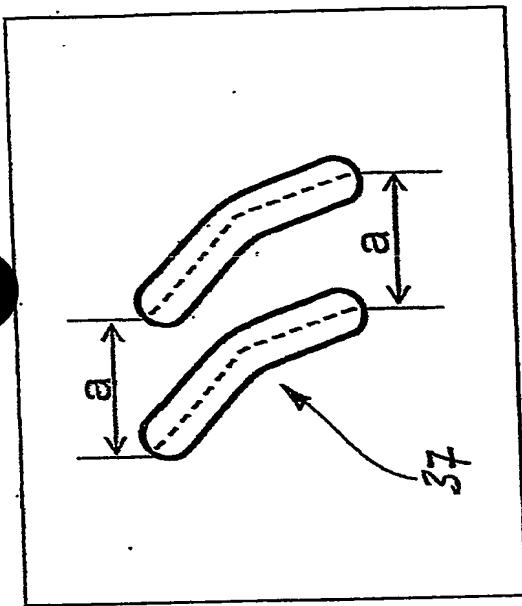
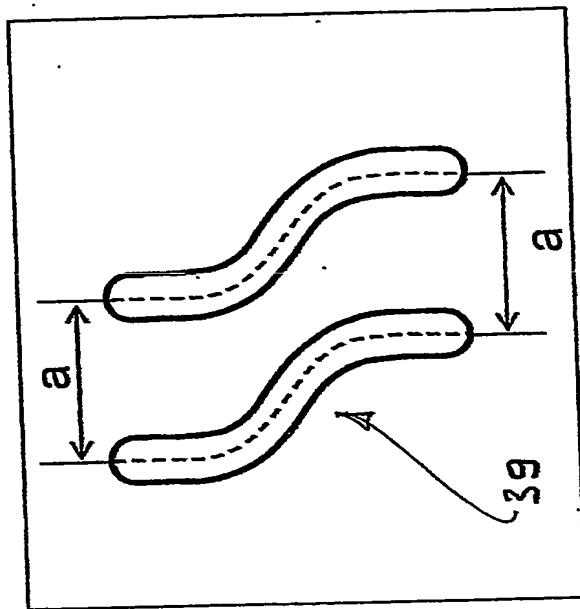


Fig. 10d



36

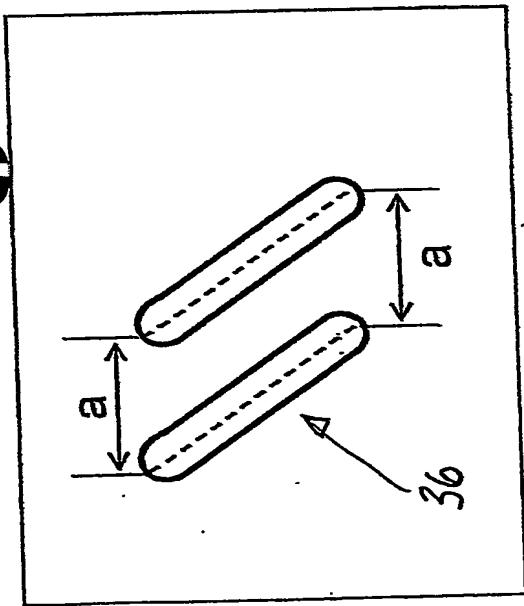


Fig. 10a

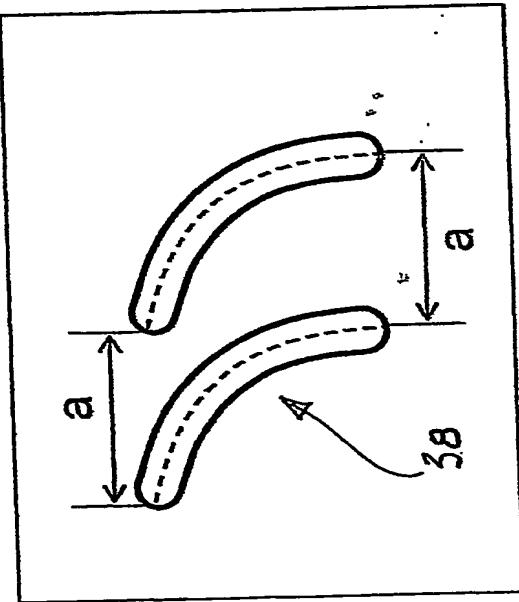
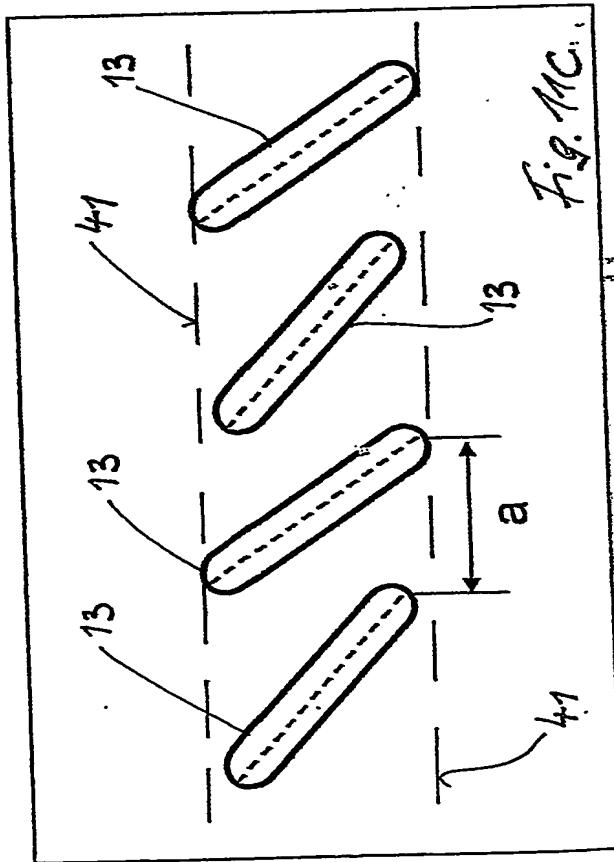
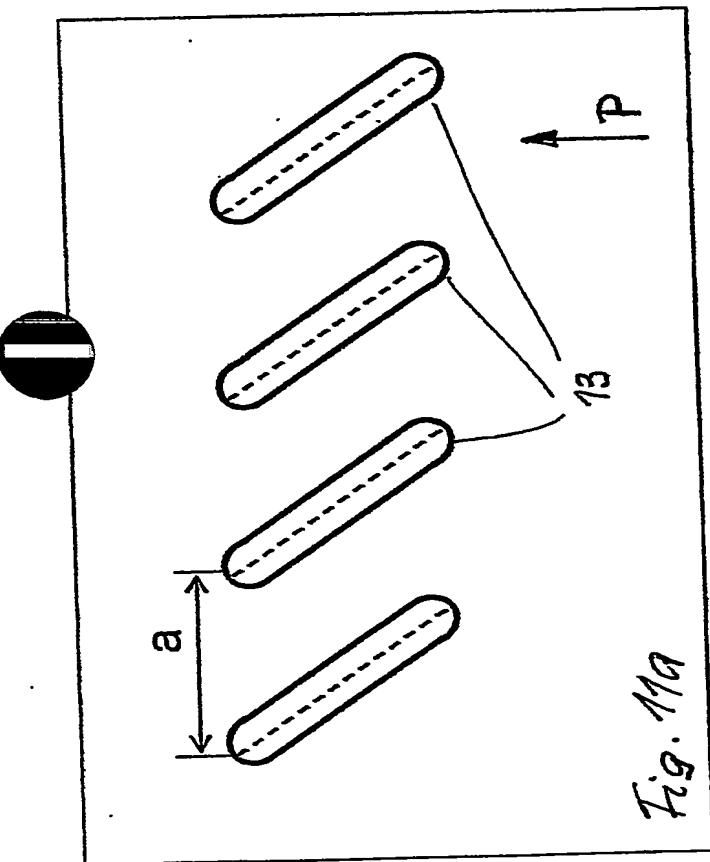
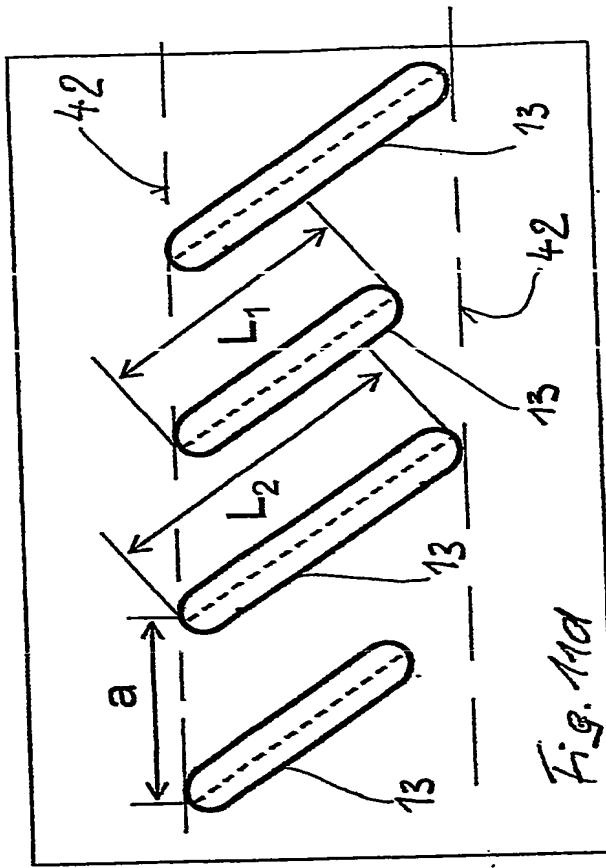
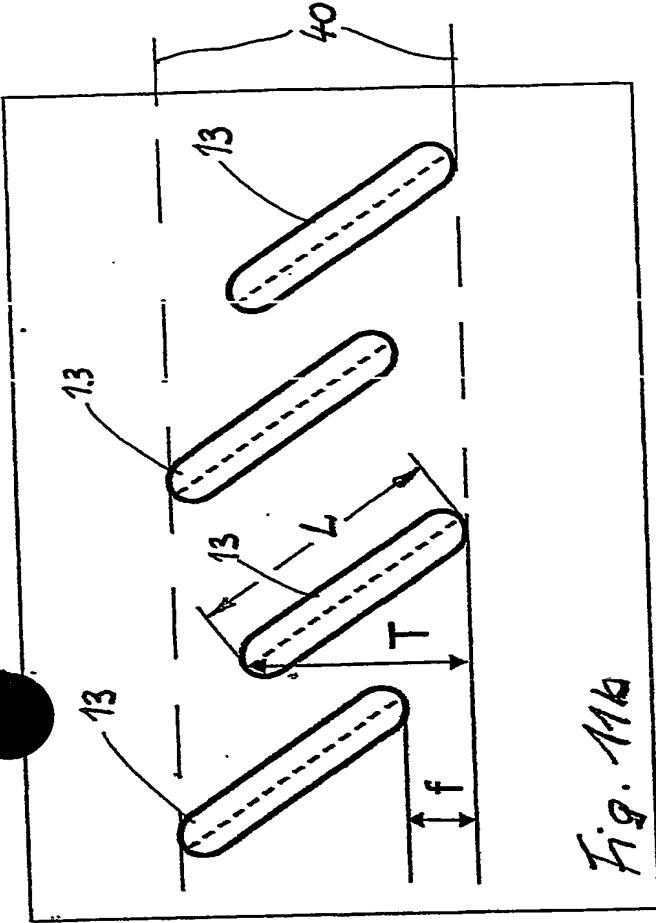


Fig. 10c



17/17

Fig. 12b

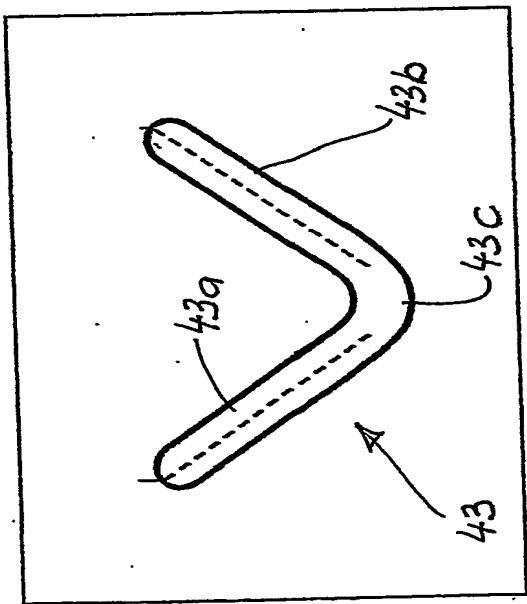
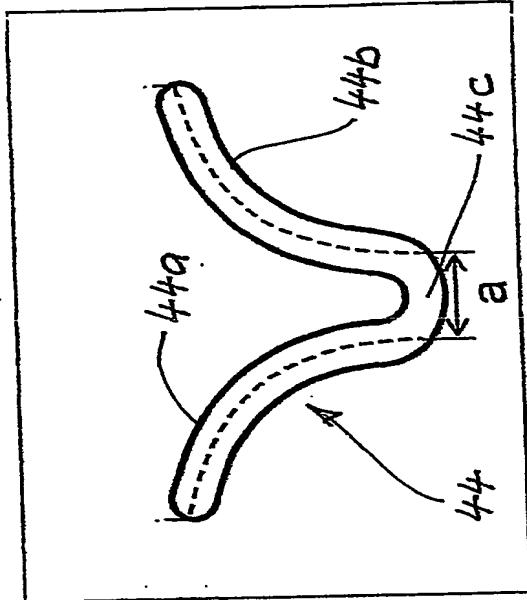
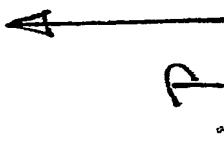


Fig. 12a



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

### **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**